

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-224072

(43)Date of publication of application : 13.08.2002

(51)Int.Cl. A61B 5/0488  
A61B 5/18

(21)Application number : 2001-026973

(71)Applicant : MAZDA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 02.02.2001

(72)Inventor : YOSHIZAWA KIMIMICHI  
KOGORI SATORU  
INAME TSUTOMU  
MICHIDA NANAIE

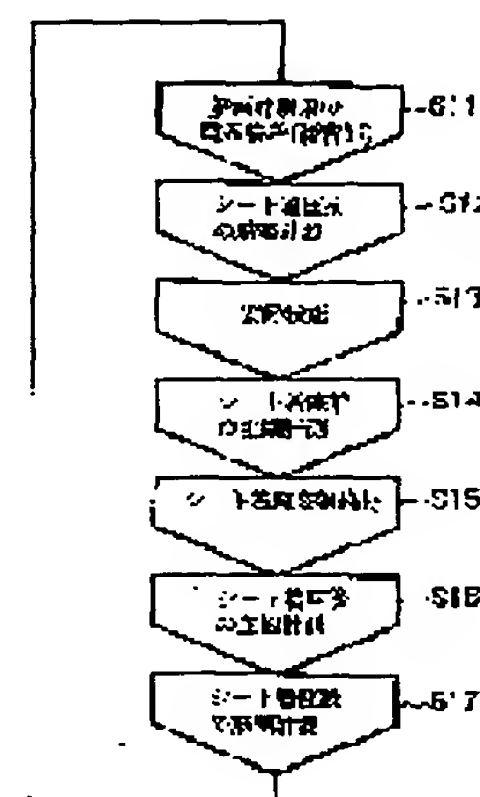
(54) MUSCULAR FATIGUE EVALUATING DEVICE, MUSCULAR FATIGUE EVALUATING METHOD, COMPUTER PROGRAM FOR EXECUTING THIS METHOD AND STORAGE MEDIUM FOR STORING THIS COMPUTER PROGRAM

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To specify a muscular fatigue part having influence on a fatigue feeling in response to subjective evaluation and muscular fatigue evaluation.

**SOLUTION:** A myogenic potential measuring electrode is installed in a waist-back part of a subject (Step S11).

Next, myogenic potential before being seated on a seat is measured (Step S12). For settling a change in a mind and body state by a load applied at myogenic potential measuring time, the subject is put in a rest state (for one minute or more) (Step S13). Next, the subjective evaluation before being seated on the seat is measured (Step S14). This subjective evaluation can be measured by quantifying a degree of fatigue (for example, an SD method), and is measured every other unit time even at seating time. Next, a seat seating posture is maintained, time is set according to an evaluation desired object-state, and the load is applied (Step S15). Next, the subjective evaluation after being seated on the seat is measured (Step S16). Finally, myogenic potential after being seated on the seat is measured (Step S17).



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-224072

(P2002-224072A)

(43)公開日 平成14年8月13日(2002.8.13)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト <sup>*</sup> (参考)	
A 6 1 B	5/0488	A 6 1 B	5/18	4 C 0 2 7
	5/18		5/04	3 3 0 4 C 0 3 8

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2001-26973(P2001-26973)

(22)出願日 平成13年2月2日(2001.2.2)

特許法第30条第1項適用申請有り 2000年10月17日 社  
団法人自動車技術会開催の「2000年秋季大会 学術講演  
会」において文書をもって発表

(71)出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72)発明者 吉澤 公理

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
株式会社内

(72)発明者 古郡 了

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
株式会社内

(74)代理人 100076428

弁理士 大塚 康德 (外1名)

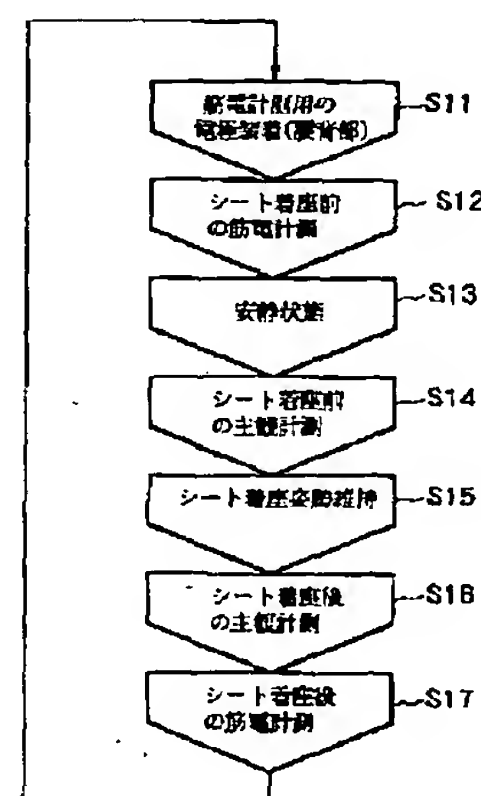
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 筋疲労評価装置、筋疲労評価方法並びに当該方法を実行するコンピュータプログラム並びに当該  
コンピュータプログラムを格納した記憶媒体

#### (57)【要約】

【課題】主観評価と筋疲労評価とを対応させて、疲労感  
に影響を及ぼす筋疲労部位を特定する。

【解決手段】被験者の腰背部に筋電位計測用の電極を装  
着する(ステップS11)。次に、シート着座前の筋電  
位を計測する(ステップS12)。筋電位計測時に与え  
た負荷による心身状態の変化を落ち着かせるため、被験  
者を安静状態にする(1分以上)(ステップS13)。  
次に、シート着座前の主観評価を計測する(ステップS  
14)。この主観評価は、疲労の度合を数量化して計測  
できるようにし(例えば、SD法)、着座中にも単位時  
間おきに計測する。次に、シート着座姿勢を維持し、評  
価したい対象・状況などに応じて時間を設定し、負荷を  
与える(ステップS15)。次に、シート着座後の主観  
評価を計測する(ステップS16)。最後に、シート着  
座後の筋電位を計測する(ステップS17)。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 特定動作についての疲労に関する主観評価結果を入力する主観評価結果入力手段と、  
前記主観評価結果に基づいて身体の特定位点の主観評価値を算出する主観評価算出手段と、  
前記特定位点をなす複数の筋肉ごとにその筋電位を測定する筋電位測定手段と、  
前記筋電位から筋疲労に関する評価値を算出する筋疲労評価算出手段と、  
前記複数の筋肉ごとに、対応する部位の主観評価値と筋疲労評価値との相関値を算出する相関値算出手段と、  
前記相関値に基づいて、前記主観評価値が所定値より大きく疲労度が大きいことを示している特定位点をなす筋肉のうち、当該疲労度への影響の大きな筋肉を特定する筋肉特定手段とを具備することを特徴とする筋疲労評価装置。

【請求項 2】 着座疲労に関する主観評価結果を入力する主観評価結果入力手段と、  
前記主観評価結果に基づいて身体の特定位点の主観評価値を算出する主観評価算出手段と、  
前記特定位点をなす複数の筋肉ごとにその筋電位を測定する筋電位測定手段と、  
前記筋電位から筋疲労に関する評価値を算出する筋疲労評価算出手段と、  
前記複数の筋肉ごとに、対応する部位の主観評価値と筋疲労評価値との相関値を算出する相関値算出手段と、  
前記相関値に基づいて、前記主観評価値が所定値より大きく疲労度が大きいことを示している特定位点をなす筋肉のうち、当該疲労度への影響の大きな筋肉を特定する筋肉特定手段とを具備することを特徴とする筋疲労評価装置。

【請求項 3】 特定動作についての疲労に関する主観評価結果を入力する主観評価結果入力工程と、  
前記主観評価結果に基づいて身体の特定位点の主観評価値を算出する主観評価算出工程と、  
前記特定位点をなす複数の筋肉ごとにその筋電位を測定する筋電位測定工程と、  
前記筋電位から筋疲労に関する評価値を算出する筋疲労評価算出工程と、  
前記複数の筋肉ごとに、対応する部位の主観評価値と筋疲労評価値との相関値を算出する相関値算出工程と、  
前記相関値に基づいて、前記主観評価値が所定値より大きく疲労度が大きいことを示している特定位点をなす筋肉のうち、当該疲労度への影響の大きな筋肉を特定する筋肉特定工程とを備えることを特徴とする筋疲労評価方法。

【請求項 4】 着座疲労に関する主観評価結果を入力する主観評価結果入力工程と、  
前記主観評価結果に基づいて身体の特定位点の主観評価値を算出する主観評価算出工程と、

前記特定位点をなす複数の筋肉ごとにその筋電位を測定する筋電位測定工程と、

前記筋電位から筋疲労に関する評価値を算出する筋疲労評価算出工程と、

05 前記複数の筋肉ごとに、対応する部位の主観評価値と筋疲労評価値との相関値を算出する相関値算出工程と、  
前記相関値に基づいて、前記主観評価値が所定値より大きく疲労度が大きいことを示している特定位点をなす筋肉のうち、当該疲労度への影響の大きな筋肉を特定する筋肉特定工程とを備えることを特徴とする筋疲労評価方法。

【請求項 5】 前記筋電位の測定前に被験者に錘を持たせて意図的に筋動作させることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の筋疲労評価方法。

15 【請求項 6】 請求項 3 又は請求項 4 に記載の筋疲労評価方法を実行するためにコンピュータを制御するコンピュータプログラム。

【請求項 7】 請求項 3 又は請求項 4 に記載の筋疲労評価方法を実行するためにコンピュータを制御するプログラムコードが格納されていることを特徴とする記憶媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ドライバなどの筋疲労を評価する筋疲労評価装置、筋疲労評価方法並びに当該方法を実行するコンピュータプログラム並びに当該コンピュータプログラムを格納した記憶媒体に関する。

## 【0002】

【従来の技術】シートに長時間着座した状況が持続すると、身体各部位に生理的な変化の 1 つとして筋肉の疲労（以下、筋疲労と呼ぶ）が発生し、主観評価として疲労感が増加する。また、シート形状や硬さ分布、たわみなどの物理特性が異なれば、筋疲労が生じる部位やその度合は変化する。そのため、長時間運転をしても疲れな

35 いシートを開発する際に、筋疲労部位やその度合を明らかにすることが重要である。しかしながら、主観評価では、筋疲労部位を特定することが困難である。

【0003】そこで、従来から筋疲労を筋電図を用いて評価する方法が知られている。この方法を用いた長時間着座疲労の評価は、主に腰背部に注目して行われ、例えば、疲労を促進するように改造したシートや物理特性の異なる複数の市販シートを用いて、筋疲労の度合いを評価するものである。

## 【0004】

45 【発明が解決しようとする課題】腰背部における筋疲労の度合いを評価することは、相対的なシート特性を判断する上で重要である。しかしながら、長時間運転をしても疲れなシートを開発するには、筋疲労が発生する原因を解明することが必要であり、筋疲労の度合いだけでなく、疲労感に影響を及ぼす筋疲労部位の特定が重要と



なる。

【0005】ここで、人間の着座疲労を評価する方法として、「主観評価」と呼ばれる方法が知られている。ところが、人間が疲労感を知覚できる部位は、腰や背中といった身体の広い範囲であり、主観評価のみでは筋疲労部位を特定できない。また、筋疲労評価として筋電図を計測して筋肉の疲労を評価する方法も知られているが、この計測された筋電図による筋疲労が疲労感にどの程度影響しているのか判定することが難しい。

【0006】本発明は、上記課題に鑑みてなされ、その目的は、主観評価と筋疲労評価とを対応させて、疲労感に影響を及ぼす筋疲労部位を特定することができる筋疲労評価装置、筋疲労評価方法並びに当該方法を実行するコンピュータプログラム並びに当該コンピュータプログラムを格納した記憶媒体を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明に係る筋疲労評価装置は、特定動作についての疲労に関する主観評価結果を入力する主観評価結果入力手段と、前記主観評価結果に基づいて身体の特定位点の主観評価値を算出する主観評価算出手段と、前記特定位点をなす複数の筋肉ごとにその筋電位を測定する筋電位測定手段と、前記筋電位から筋疲労に関する評価値を算出する筋疲労評価算出手段と、前記複数の筋肉ごとに、対応する部位の主観評価値と筋疲労評価値との相関値を算出する相関値算出手段と、前記相関値に基づいて、前記主観評価値が所定値より大きく疲労度が大きいことを示している特定部位をなす筋肉のうち、当該疲労度への影響の大きな筋肉を特定する筋肉特定手段とを具備する。

【0008】本発明に係る筋疲労評価装置は、着座疲労に関する主観評価結果を入力する主観評価結果入力手段と、前記主観評価結果に基づいて身体の特定位点の主観評価値を算出する主観評価算出手段と、前記特定位点をなす複数の筋肉ごとにその筋電位を測定する筋電位測定手段と、前記筋電位から筋疲労に関する評価値を算出する筋疲労評価算出手段と、前記複数の筋肉ごとに、対応する部位の主観評価値と筋疲労評価値との相関値を算出する相関値算出手段と、前記相関値に基づいて、前記主観評価値が所定値より大きく疲労度が大きいことを示している特定部位をなす筋肉のうち、当該疲労度への影響の大きな筋肉を特定する筋肉特定手段とを具備する。

【0009】本発明に係る筋疲労評価方法は、特定動作についての疲労に関する主観評価結果を入力する主観評価結果入力工程と、前記主観評価結果に基づいて身体の特定位点の主観評価値を算出する主観評価算出工程と、前記特定位点をなす複数の筋肉ごとにその筋電位を測定する筋電位測定工程と、前記筋電位から筋疲労に関する評価値を算出する筋疲労評価算出工程と、前記複数の筋肉ごとに、対応する部位の主観評価値と筋疲労評価値と

の相関値を算出する相関値算出工程と、前記相関値に基づいて、前記主観評価値が所定値より大きく疲労度が大きいことを示している特定部位をなす筋肉のうち、当該疲労度への影響の大きな筋肉を特定する筋肉特定工程とを備える。

【0010】本発明に係る筋疲労評価方法は、着座疲労に関する主観評価結果を入力する主観評価結果入力工程と、前記主観評価結果に基づいて身体の特定位点の主観評価値を算出する主観評価算出工程と、前記特定位点をなす複数の筋肉ごとにその筋電位を測定する筋電位測定工程と、前記筋電位から筋疲労に関する評価値を算出する筋疲労評価算出工程と、前記複数の筋肉ごとに、対応する部位の主観評価値と筋疲労評価値との相関値を算出する相関値算出工程と、前記相関値に基づいて、前記主観評価値が所定値より大きく疲労度が大きいことを示している特定部位をなす筋肉のうち、当該疲労度への影響の大きな筋肉を特定する筋肉特定工程とを備える。

【0011】また、好ましくは、前記筋電位の測定前に被験者に錘を持たせて意図的に筋動作させる。

【0012】尚、上記筋疲労評価方法を実行するためのコンピュータプログラムや当該プログラムコードが格納された記憶媒体を、コンピュータに供給して、当該コンピュータが記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出して、上記判定処理を実行するようにしてもよい。

【0013】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1、3の発明によれば、複数の筋肉ごとに算出される、対応する部位の主観評価値と筋疲労評価値との相関値に基づいて、主観評価値が所定値より大きく疲労度が大きいことを示している特定部位をなす筋肉のうち、当該疲労度への影響の大きな筋肉を特定することにより、主観評価と筋疲労評価とを対応させて、疲労感に影響を及ぼす筋疲労部位を特定することができる。

【0014】請求項2、4の発明によれば、複数の筋肉ごとに算出される、対応する部位の主観評価値と筋疲労評価値との相関値に基づいて、主観評価値が所定値より大きく疲労度が大きいことを示している特定部位をなす筋肉のうち、当該疲労度への影響の大きな筋肉を特定することにより、主観評価と筋疲労評価とを対応させて、疲労感に影響を及ぼす筋疲労部位を特定することができる。

【0015】請求項5の発明によれば、筋電位の測定前に被験者に錘を持たせて意図的に筋動作させることにより、筋疲労の影響を正確に計測できる。

【0016】請求項6、7の発明によれば、主観評価と筋疲労評価とを対応させて、疲労感に影響を及ぼす筋疲労部位を特定する筋疲労評価方法を実行するためのコンピュータプログラムや当該プログラムコードが格納された記憶媒体を、コンピュータに供給して、当該コンピュータが記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出

して、上記筋疲労評価方法を実行することで、当該方法と同様の効果を奏すると共に、当該方法を汎用的に用いることができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係る筋疲労評価方法について、添付図面を参照して詳細に説明する。

【0018】尚、以下に説明する実施の形態は、本発明の実現手段としての一例であり、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で下記実施形態を修正又は変形したものに適用可能である。

【0019】図1は、本実施形態の筋疲労評価方法を説明するフローチャートである。

【0020】図1に示すように、本実施形態として例示する筋疲労評価方法は、例えば、デスクワークにおける肩の疲労を評価したい場合に、被験者の筋疲労を評価したい部位に電極を装着し（ステップS1）、被験者に負荷を与える。この負荷は、例えば、デスクワーク以外に、自動車の運転時の着座姿勢や、スポーツであってもよい。

【0021】そして、上記負荷状態において筋電図を計測できる場合には、心身の状態を落ち着かせるため被験者を安静状態にし（ステップS2）、「主観評価」と「筋電位」とを所定時間ごとに計測する（ステップS3）。

【0022】また、上記負荷状態において筋電位が微小で計測ができない場合には、まず、負荷前の筋電位を計測し（ステップS4）、心身の状態を落ち着かせるため被験者を安静状態にし（ステップS5）、負荷前の「主観評価」を計測し（ステップS6）、負荷状態を維持しつつ（ステップS7）、負荷後の「主観評価」と「筋電位」とを所定時間ごとに計測する（ステップS8、S9）。

【0023】ここで、「主観評価」と「筋電位」の計測は、N回（2回以上）繰り返して行い、計測回数は多いほどよい。また、被験者を変えて評価してもよい。

【0024】次に、具体的な実施形態として、自動車シートにおける長時間着座後の疲労感に影響を及ぼす筋疲労の詳細部位を特定する際の計測手順について説明する。

【0025】図2は、自動車シートにおける長時間着座後の疲労感に影響を及ぼす筋疲労の詳細部位を特定する際の計測手順を説明するフローチャートである。

【0026】図2に示すように、まず、被験者の腰背部に筋電位計測用の電極を装着する（ステップS11）。次に、シート着座前の筋電位を計測する（ステップS12）。筋電位計測時に与えた負荷による心身状態の変化を落ち着かせるため、被験者を安静状態にする（1分以上）（ステップS13）。次に、シート着座前の主観評価を計測する（ステップS14）。この主観評価は、疲労の度合を数量化して計測できるようにし（例えば、S

D法）、着座中にも単位時間おきに計測する。次に、シート着座姿勢を維持し、評価したい対象・状況などに応じて時間を設定し、負荷を与える（ステップS15）。次に、シート着座後の主観評価を計測する（ステップS16）。最後に、シート着座後の筋電位を計測する（ステップS17）。

【0027】そして、「主観評価」と「筋電位」の計測は、N回（2回以上）繰り返して行い、計測回数は多いほどよい。また、被験者を変えて評価してもよい。

【0028】主観評価は、評価対象となる部位を予め被験者（評価者）に教示しておき、疲労の度合を数量化して計測できるようにする（SD法）。また、計測するタイミングは、計測条件・評価対象によって異なる（負荷状態の前後で行う場合や負荷状態を単位時間ごとに計測する）。

【0029】疲労感の差を抽出するためには、負荷の前後で比若しくは差などをとり、筋疲労評価と対応のとれるかたちでデータを処理する。

【0030】次に、長時間着座における腰背部の主観評価方法について説明する。

【0031】図3は、主観評価部位を示す被験者の側面図である。図4は、主観評価における数量化方法について説明する図である。

【0032】図3に示すように、主観評価の対象は、背部と腰部とする。数量化方法は、図4に示すように、

「0」～「10」の11段階で評価し、「0」は疲労感が全くない状態、「10」はこれまでに経験した最も強い疲労感を表わす。尚、被験者による回答は、運転姿勢が崩れることを避けるために口頭で行ったが、予めアンケートなどを用意して記入させてもよい。主観評価は、着座開始時と終了時を含む着座中5分おきに実施する。

〔結果例1〕図5は、長時間着座により発生する疲労を2脚のシートA、Bを用いて計測した主観評価結果を示す図である。

【0033】図5の主観評価は、図6に示す運転を模擬した簡易シミュレータを用い、被験者に90分間着座姿勢を維持した状態で、所定の運転模擬課題を与え、課題中はできるだけ体を動かさないように注意し、また、ドライビングポジションは2脚とも一定とし、室温は24～6℃に設定して計測した結果を示している。

【0034】また、被験者は20～30代の健常な男性6名で、身長は173～176cm、体重は65～78kgである。

【0035】更に、図7（a）に示すように、主観評価に用いるシートAは支持圧が腰部の低い位置で強いという特徴を持ち、図7（b）に示すように、シートBは高い位置で強いという特徴を持っている。

【0036】上記運転模擬課題は、高速道路巡航を模擬したもので、ディスプレイ画面上を6mm/s楕円運動するターゲットをアクセルペダルとステアリングホイー

ルを用いて移動させる追跡枠で、追従させる内容としている。

【0037】図5の評価結果は、被験者6名の平均であり、時間経過に伴って疲労感が増加しているのがわかる。また、シートBの方がシートAに比べて疲労の増加度合が大きいことがわかる。

【結果例2】図8は、2脚シートに90分間着座した際の疲労感の時系列変化を表わす主観評価結果を示す図である。

【0038】図8の評価結果は、被験者名の平均値で、着座後から着座前の差をとった値であり、着座前の疲労感はない状態「0」である。そして、図示のように、シートBの腰部における疲労感が、シートAに着座した場合に比べて大きいことがわかる。また、シートBの腰部における疲労感は、シートBの背部よりも有意に大きいことがわかる。

【0039】シートAでは、背部、腰部ともに大変弱いレベルであり、差はない。シート間で比較すると、腰部の疲労感はシートAに比べて、シートBが有意に大きいと言える。背部については差がなく、また、シートBの腰部における疲労感は、シートAの背部よりも有意に大きいと言える。

【0040】以上の結果より、シートBでの長時間着座では、他の場合に比較して、腰部の疲労感が強いことがわかる。

〔筋電位の計測〕筋電位の計測は、一般に臨床において用いられている筋電位計測用の皿電極及び計測器を用いる。上記計測器は、有線タイプや無線タイプなどあらゆる機器が使用できる。更に、計測部位については、筋疲労を評価したい部位に筋繊維に沿って電極を装着する。

【0041】そして、被験者の評価したいタイミングと計測時間（評価対象によって異なる）で筋電位を計測する。ここで、筋電位を計測したい部位において筋活動が十分に観測されない場合、所定の筋活動が観察できるように所定の負荷を与えて筋電位を計測する必要がある（但し、疲労を促進するような負荷は避ける）。

〔長時間着座における腰背部の筋電位計測〕図9

(a), (b)は、被験者に対する電極の装着部位を示す被験者の側面図及び背面図である。

【0042】筋電位を繰り返して計測するため、まず、電極を装着する部位を決定する。詳しくは、腰背部において、脊柱を基準として高さ方向を決定し、横方向については脊柱より一定間隔を開けた位置とする。

【0043】図5に示す例では、電極装着部位の高さ方向を「第5-6胸椎(Th5-6)」、「第8-9胸椎(Th8-9)」、「第10-11胸椎(Th10-11)」、「第2-3腰椎の中間(L2-3)」、「第4-5腰椎の中間(L4-5)」とし、横方向は脊柱から40mm離間した位置とした。〔腰背部における負荷〕図10は、被験者の腰背部への負荷の与え方を説明する

図である。

【0044】図10に示すように、被験者の脊柱起立筋群の筋電位を計測するため、被験者に所定重量（例えば、15kg）の錘を持たせて所定時間（例えば、40秒）保持させて、随意的に筋活動をさせて計測する。このとき、腰背部の筋活動を活発にするため、錘を保持した状態で上半身の角度が $\pi/6$ radになるように（姿勢（角度）が一定になるように錘の下に台座を置いて、例えば、台から10mmの高さに錘を保持するように調整する。尚、錘を保持する力は成人男性の背筋力の10%程度なおので、筋疲労を増加させるような影響はない。

【0045】電極からの筋電位信号は、広域遮断周波数250Hzでテレメータを通して増幅し、サンプリング周波数12KHzでPCMデータレコーダに記録する。

【0046】その後、サンプリング周波数1KHzでA/D変換した後、1区間4096点の標本を用いてFFT法によりパワースペクトルを算出し、連続した8区間の加算平均を施した平均スペクトルを分析対象とする。その際、筋電図の基線変動成分を除去するために、低域遮断周波数5Hzのフィルタに通して、平均スペクトルから平均周波数を算出し、90分間着座後に有意に筋疲労が増大しているか検討する。

【0047】また、着座時における筋収縮は微小であり、心拍成分のノイズが乗りやすいことから、筋活動を随意的に増幅してS/N比を大きくする。そして、計測結果は、データレコーダに記録したり、解析のためにコンピュータに取り込んで、後述する疲労感に影響を及ぼしている部位を特定する処理を実行する。

〔疲労感評価と筋疲労の解析〕図11は、上述の疲労感評価としての主観評価値と筋疲労評価としての筋疲労評価値に基づく疲労感に影響を及ぼしている部位の特定方法について説明する。

【0048】図11に示すように、上述した主観評価方法から主観評価値を算出すると共に、後述する筋疲労解析から筋疲労評価値を算出する。

【0049】次に、主観評価部位と、当該部位に対応する筋疲労部位に対して、夫々相関係数を求める。次に、統計学的に有意か判断し、有意である場合には疲労感に大きく影響を及ぼしている部位とし、有意でない場合には疲労感にあまり影響を及ぼしていない部位とする。

【0050】上記相関係数は、例えば、「バイオサイエンスの統計学」に記載の方法に基づいて算出され、2辺量x, y間の直線関係の強さを見る指標である。

〔筋疲労解析（周波数分析）〕図12～図16は、周波数分析による筋疲労解析方法を説明する図である。

【0051】一般に筋肉が疲労すると筋電図の周波数は低域に移行（徐波）することが知られている。これは、筋活動によって生成された乳酸の蓄積により活動電位の電動速度が遅くなるためである。以下では、この筋電図



の周波数から筋疲労を分析する方法について説明する。

【0052】先ず、図12(a)の着座前筋電図と図12(b)の着座後筋電図から基線変動成分を除去するために5Hzの低域遮断のフィルタに通し、図13(a)の着座前筋電図と図13(b)の着座後筋電図を得る。

【0053】次に、図13(a)の着座前筋電図と図13(b)の着座後筋電図における解析を行う8区間に分割し(1区間:4096データ)に分割し、各区間についてFFT法などによりパワースペクトルを算出し、図14に示す周波数とパワーとの関係を着座前と着座後についてそれぞれ算出する。

【0054】図14に示す関係から、周波数成分がどこに位置するかを表わす代表値として、例えば、8区間の加算平均をした上で平均スペクトルを算出する(周波数分解能:1/4Hz)。そして、平均スペクトルから平均周波数を算出する。

【0055】この平均周波数は、図15に示す関数から演算される。

【0056】そして、負荷前と負荷後の筋疲労の状態を比較するために、負荷前後の平均周波数の比(徐波比)又は差を算出する。

【0057】上述のように、筋肉が疲労すると筋電図の周波数は低域に移行することから、筋肉が生理的に疲労していると、徐波比は小さくなる。尚、徐波比は主観評価と対応がとれ、相関係数が求められるように演算される。

〔筋疲労解析(振幅分析)〕図17及び図18は、振幅分析による筋疲労解析方法を説明する図である。

【0058】一般に筋肉が疲労すると筋電図の振幅は増大することが知られている。これは、1つの筋繊維が疲労してくると、その周辺の筋繊維が働きだして運動を補助しようとするためである。以下では、この筋電図の振幅から筋疲労を分析する方法について説明する。

【0059】先ず、図12(a)の着座前筋電図と図12(b)の着座後筋電図から基線変動成分を除去するために低域遮断のフィルタに通し、図13(a)の着座前筋電図と図13(b)の着座後筋電図とを得る。

【0060】次に、図13(a)の着座前筋電図と図13(b)の着座後筋電図における解析を行う区間について筋電図を整流し(絶対値をとり)、図17(a)の着座前筋電図と図17(b)の着座後筋電図とを得る。

【0061】図17の筋電図から、更に積分値(積分筋電図)を算出し、負荷前と負荷後の筋疲労の状態を比較するために、負荷前後の積分筋電図の比(振幅比)又は差を算出する。

【0062】上述のように、筋肉が疲労すると筋電図の振幅は増大することから、筋肉が生理的に疲労していると、振幅比は大きくなる。尚、振幅比は主観評価と対応がとれ、相関係数が求められるように演算される。〔疲労感に影響を及ぼす筋疲労部位の特定1〕次に、疲労感

に影響を及ぼす筋疲労部位の特定方法について説明する。

【0063】疲労感に影響を及ぼす筋疲労部位の特定は、主観評価値と筋電図による筋疲労評価値とから求める。

【0064】疲労感が生じると主観評価値は増加する。また、生理的に筋肉が疲労すると筋電図の周波数は低域に移行する。つまり、筋疲労を示す徐波比が減少する。従って、筋疲労が疲労感に影響を及ぼしているならば、両者には高い負の相関がある。

【0065】そこで、主観評価値と詳細部位における徐波比の相関関係を求める(このとき、徐波比は疲労感に影響を及ぼしていると考えられる部位をできるだけ多く選択する)。そして、統計学的に有意に相関があると判断できる場合、その筋疲労部位が疲労感に影響を及ぼしていることになる。

【0066】例えば、部位X1における徐波比と主観評価値との相関が高い場合には、図19に示すように、主観評価値が増加するほど、徐波比は減少していくような相関関係が得られる。また、部位X2における徐波比と主観評価値との相関が低い場合には、図20に示すように、主観評価値が増加するほど、徐波比は減少していくような相関関係が得られない。

〔相関係数の算出〕例えば、シートBについて、主観評価を「背部」と「腰部」の2部位に対して行い、この2部位に対応する筋電図の評価部位を図9のように設定した場合の相関係数の算出結果について説明する。

【0067】背部:「第5-6胸椎」、「第8-9胸椎」、「第10-11胸椎」

腰部:「第10-11胸椎」、「第2-3腰椎」、「第4-5腰椎」

ここで、腰部の主観評価値と対応する部位として腰椎以外に「第10-11胸椎」を分析対象としたのは、主観では背部と腰部を明確に分別されていないためである。

【0068】図21乃至図23は、腰部における主観評価値と腰部3部位の筋疲労評価値の相関係数Rを求めた結果を示す図である。

【0069】図示のように、第2-3腰椎付近の筋疲労と、腰部の疲労感に有意な相関が得られた( $P < 0.05$ )。従って、腰部の疲労感が増加した原因として、第2-3腰椎の筋疲労が主たる要因であると判断できる。第4-5腰椎においては筋疲労が生じていたにもかかわらず、疲労感との相関がなく、筋疲労が生じていても部位若しくはその度合いによって、疲労感に影響を及ぼす場合と及ぼさない場合とがあると考えられる。つまり、部位によって筋疲労に対する疲労の感度が異なる可能性がある。

【0070】尚、主観評価では差がなかったシートAの背部、腰部とシートBの背部に関しても、同様の分析を行った結果、いずれの部位についても主観評価と筋疲労



には相関がないことを確認している。

【0071】尚、 $P < 0.05$ とは、5%の確率で相関がとれないことを意味する。

【0072】以上説明したように、疲労感に影響を及ぼす部位を特定するのに、筋電図のみでは不十分であり、主観評価と筋疲労評価とを対応させて、疲労感に影響を及ぼす筋疲労部位を特定することができる。

〔疲労感に影響を及ぼす筋疲労部位の特定2〕疲労感が生じると主観評価値は増加する。また、生理的に筋肉が疲労すると筋電図の振幅も増加する。従って、筋疲労が疲労感に影響を及ぼしているならば、両者には高い負の相関がある。

【0073】そこで、主観評価値と詳細部位における振幅比の相関関係を求める（このとき、振幅比は疲労感に影響を及ぼしていると考えられる部位をできるだけ多く選択する）。そして、統計学的に有意に相関があると判断できる場合、その筋疲労部位が疲労感に影響を及ぼしていることになる。

【0074】例えば、部位X1における振幅比と主観評価値との相関が高い場合には、図24に示すように、主観評価値が増加するほど、振幅比も増加していくような相関関係が得られる。また、部位X2における振幅比と主観評価値との相関が低い場合には、図25に示すように、主観評価値が増加するほど、振幅比も増加していくような相関関係が得られない。

【0075】以上のように、主観評価と筋疲労評価とを対応させて、疲労感に影響を及ぼす筋疲労部位を特定することで、面剛性などのシート特性などの設定において、長時間運転をしても疲れないシートを開発する際に有益となる。

【0076】尚、図11に示すフローチャートに対応する筋疲労評価方法を実行するためのコンピュータプログラムや当該プログラムコードが格納された記憶媒体を、コンピュータに供給して、当該コンピュータが記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出して、上記実施形態の処理を実行するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本実施形態の筋疲労評価方法を説明するフローチャートである。

【図2】図2は、自動車シートにおける長時間着座後の疲労感に影響を及ぼす筋疲労の詳細部位を特定する際の計測手順を説明するフローチャートである。

【図3】図3は、主観評価部位を示す被験者の側面図である。

【図4】図4は、主観評価における数量化方法について説明する図である。

【図5】図5は、長時間着座により発生する疲労を2脚のシートA、Bを用いて計測した主観評価結果を示す図

である。

【図6】図6は、運転を模擬した実験環境を示す図である。

【図7】図7(a)、(b)は、主観評価に用いるシートA、Bの支持圧を示す図である。

【図8】図8は、2脚シートに90分間着座した際の疲労感の時系列変化を表わす主観評価結果を示す図である。

【図9】図9(a)、(b)は、被験者に対する電極の装着部位を示す被験者の側面図及び背面図である。

【図10】図10は、被験者の腰背部への負荷の与え方を説明する図である。

【図11】図11は、上述の疲労感評価としての主観評価値と筋疲労評価としての筋疲労評価値に基づく疲労感に影響を及ぼしている部位の特定方法について説明する図である。

【図12】図12は、周波数分析による筋疲労解析方法を説明する図である。

【図13】図13は、周波数分析による筋疲労解析方法を説明する図である。

【図14】図14は、周波数分析による筋疲労解析方法を説明する図である。

【図15】図15は、周波数分析による筋疲労解析方法を説明する図である。

【図16】図16は、周波数分析による筋疲労解析方法を説明する図である。

【図17】図17は、振幅分析による筋疲労解析方法を説明する図である。

【図18】図18は、振幅分析による筋疲労解析方法を説明する図である。

【図19】図19は、徐波比と主観評価値との相関が高い場合の相関関係を示す図である。

【図20】図20は、徐波比と主観評価値との相関が低い場合の相関関係を示す図である。

【図21】図21は、腰部における主観評価値と腰部3部位の筋疲労評価値の相関係数Rを求めた結果を示す図である。

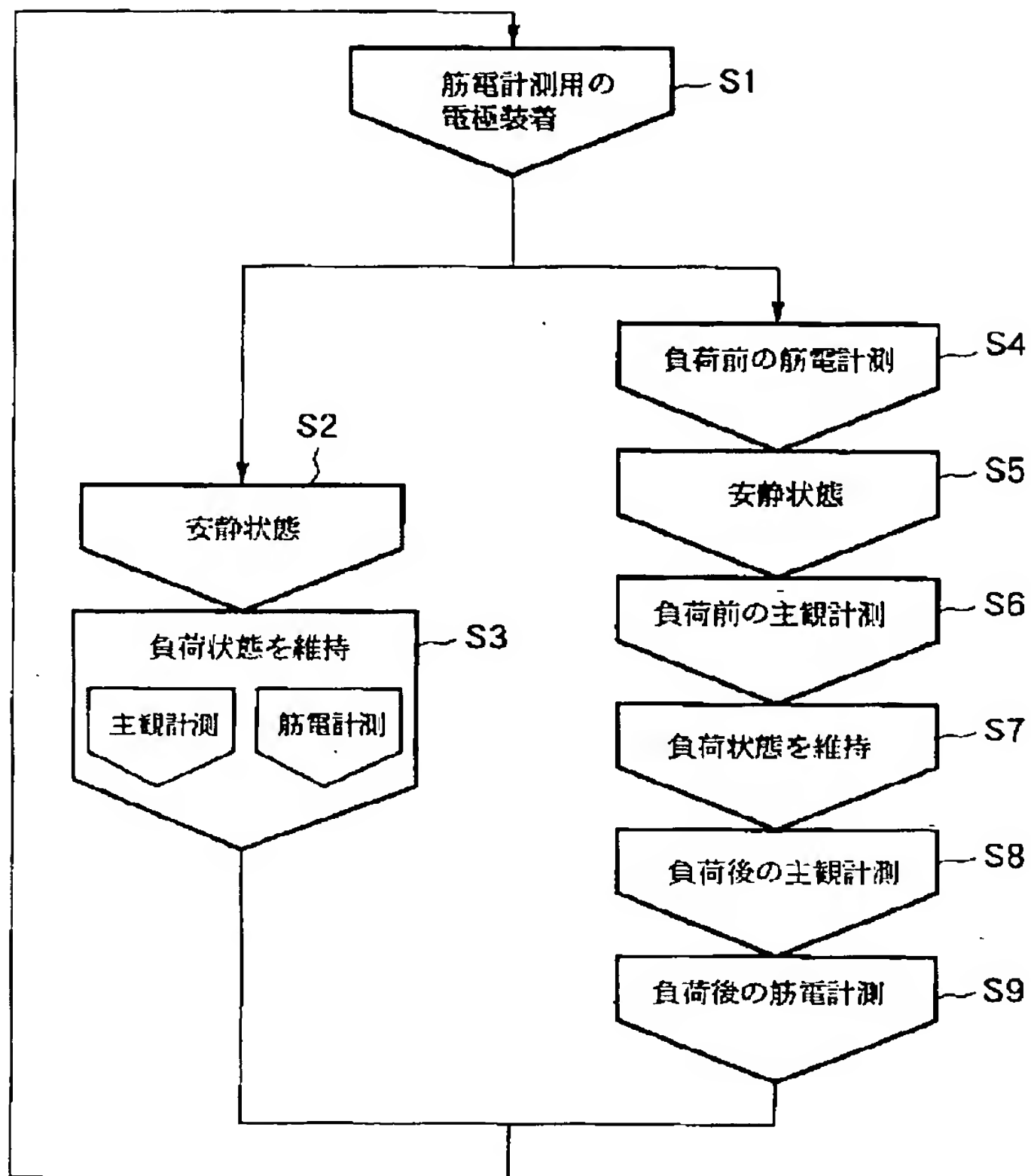
【図22】図22は、腰部における主観評価値と腰部3部位の筋疲労評価値の相関係数Rを求めた結果を示す図である。

【図23】図23は、腰部における主観評価値と腰部3部位の筋疲労評価値の相関係数Rを求めた結果を示す図である。

【図24】図24は、振幅比と主観評価値との相関が高い場合の相関関係を示す図である。

【図25】図25は、振幅比と主観評価値との相関が低い場合の相関関係を示す図である。

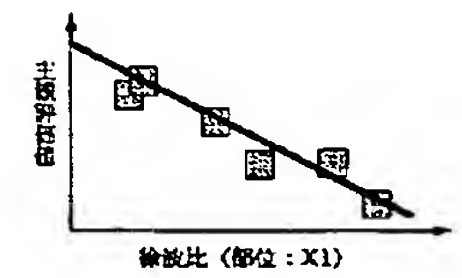
【図 1】



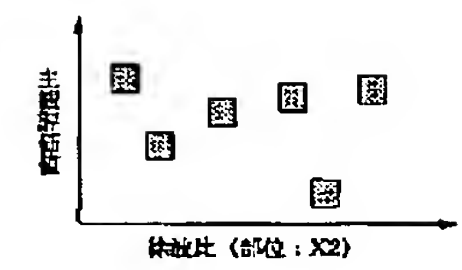
【図 16】

$$\text{徐波比} = \frac{\text{負荷後の平均周波数}}{\text{負荷前の平均周波数}}$$

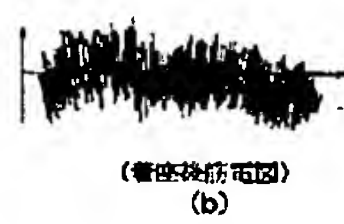
【図 19】



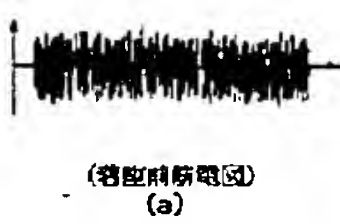
【図 20】



【図 12】



【図 13】



【図 15】

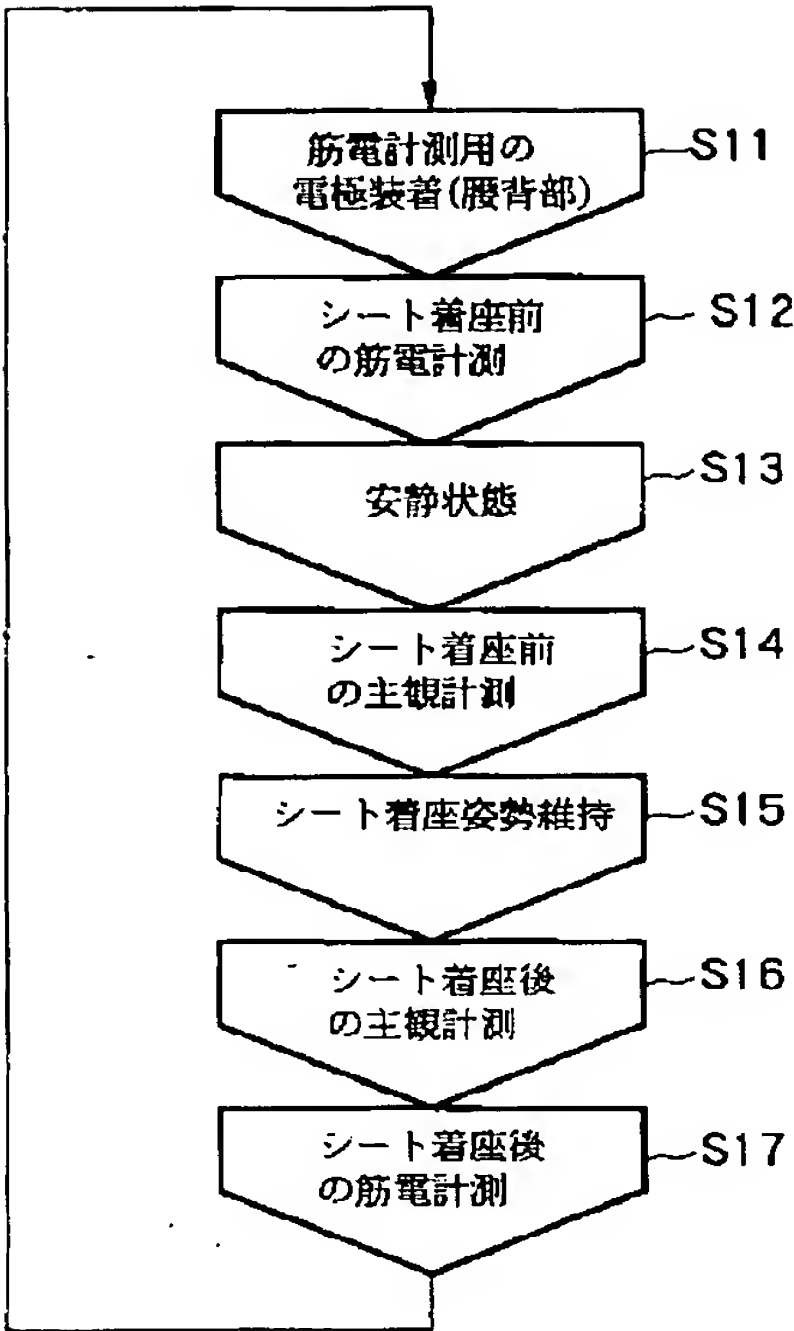
$$\text{平均周波数} = \frac{\int_0^f F \cdot P(f) df}{\int_0^f P(f) df}$$

F: 周波数 P: パワー

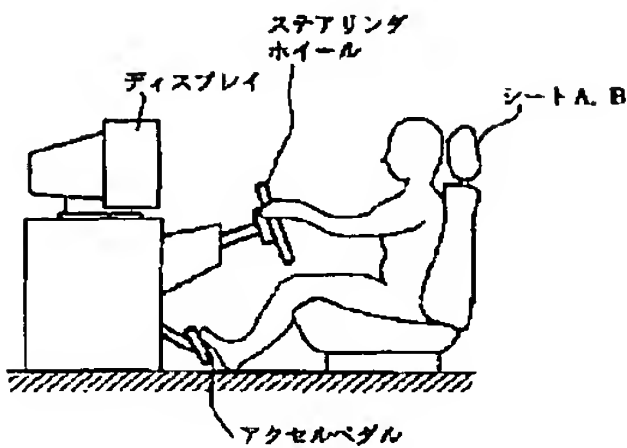
【図 18】

$$\text{振幅比} = \frac{\text{負荷後の積分筋電図}}{\text{負荷前の積分筋電図}}$$

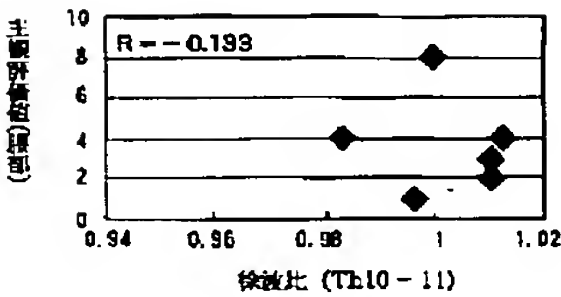
【図2】



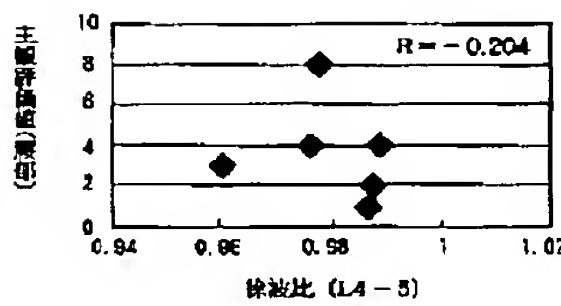
【図6】



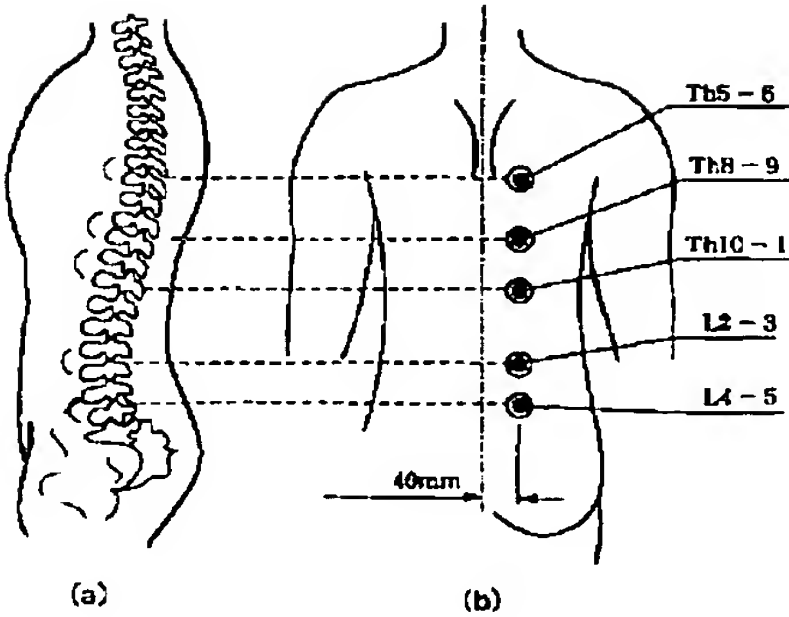
【図21】



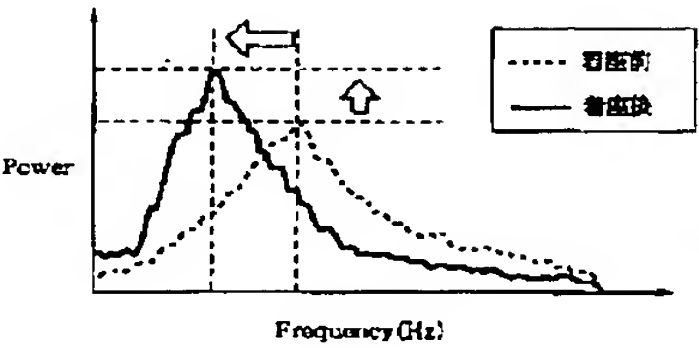
【図23】



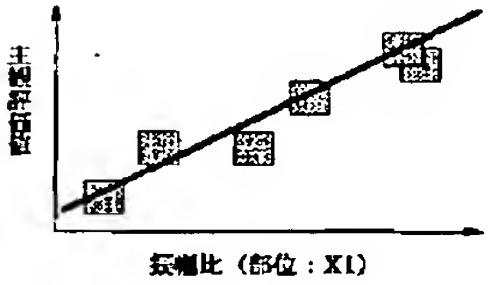
【図9】



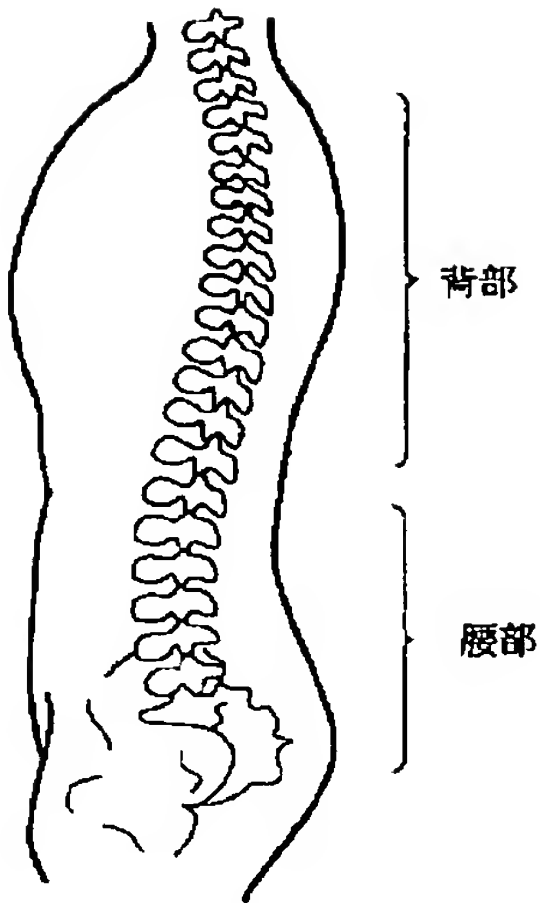
【図14】



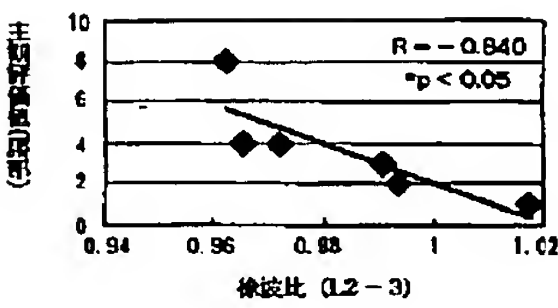
【図24】



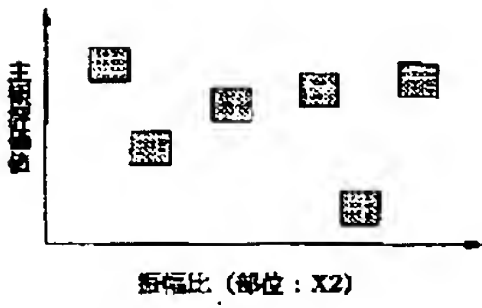
【図3】



【図22】



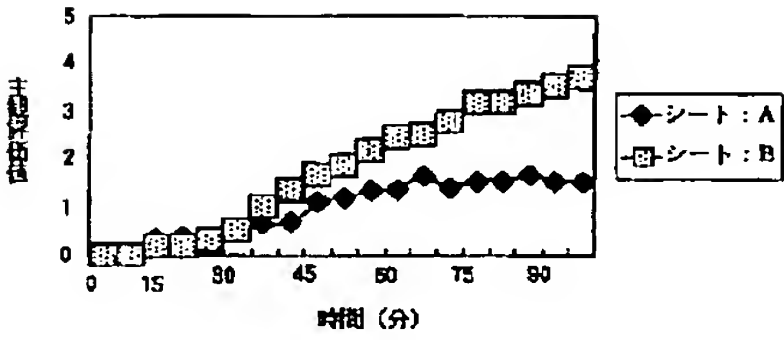
【図25】



【図4】

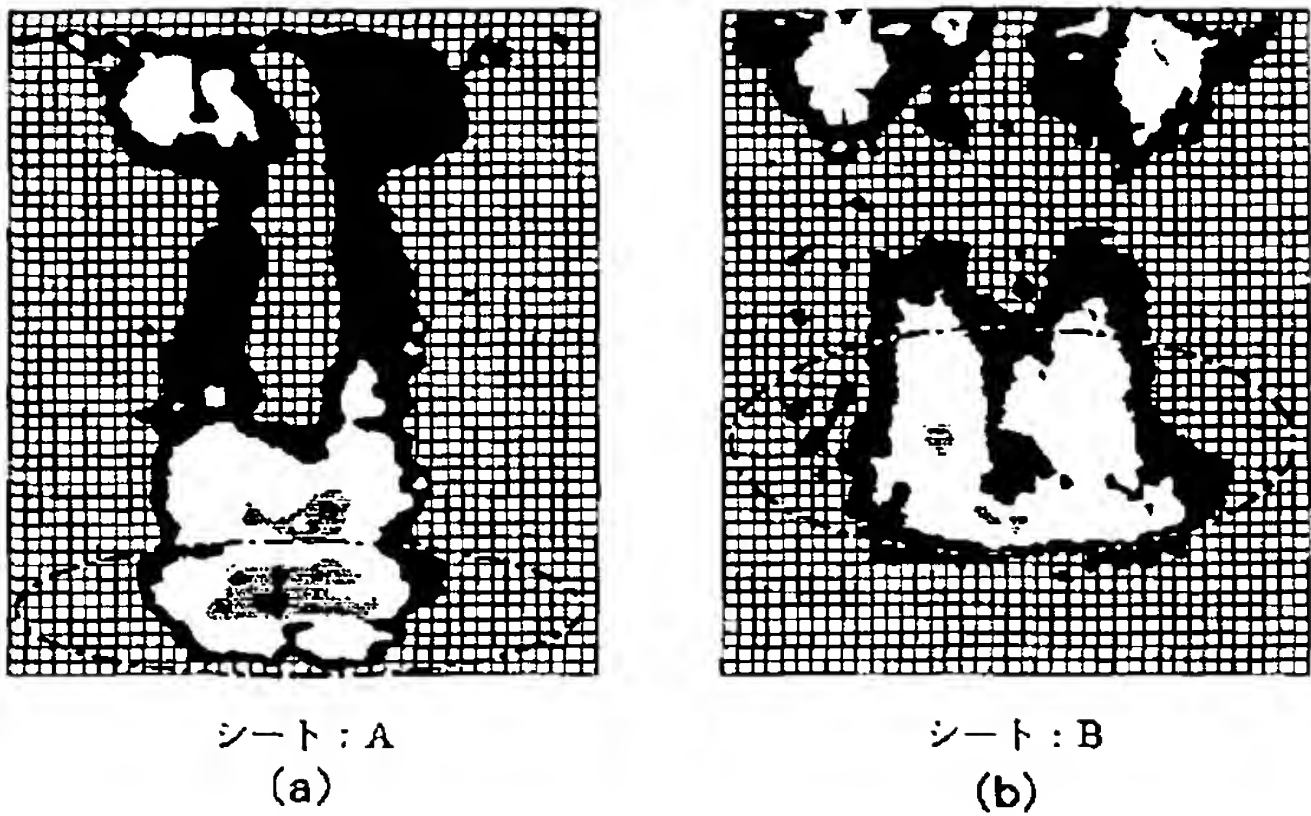


【図5】

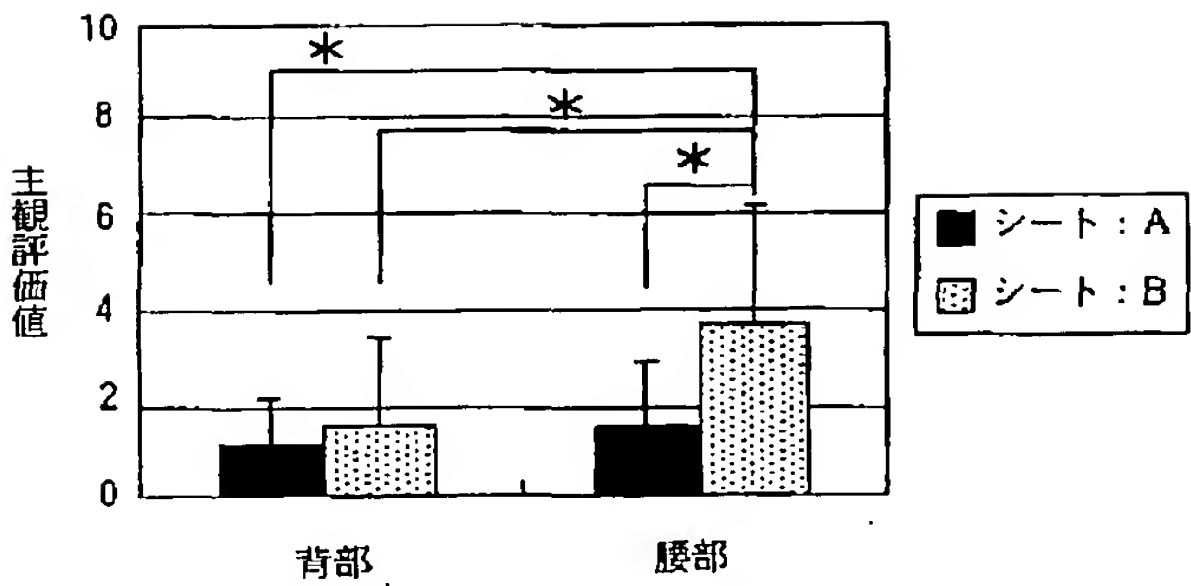




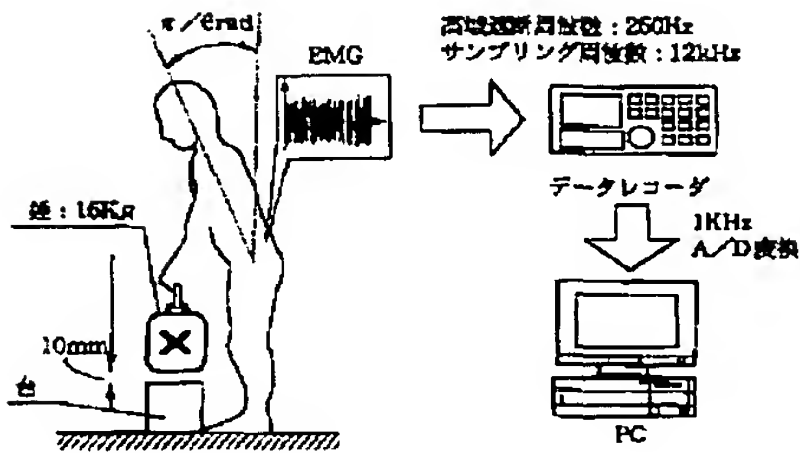
【図7】



【図8】



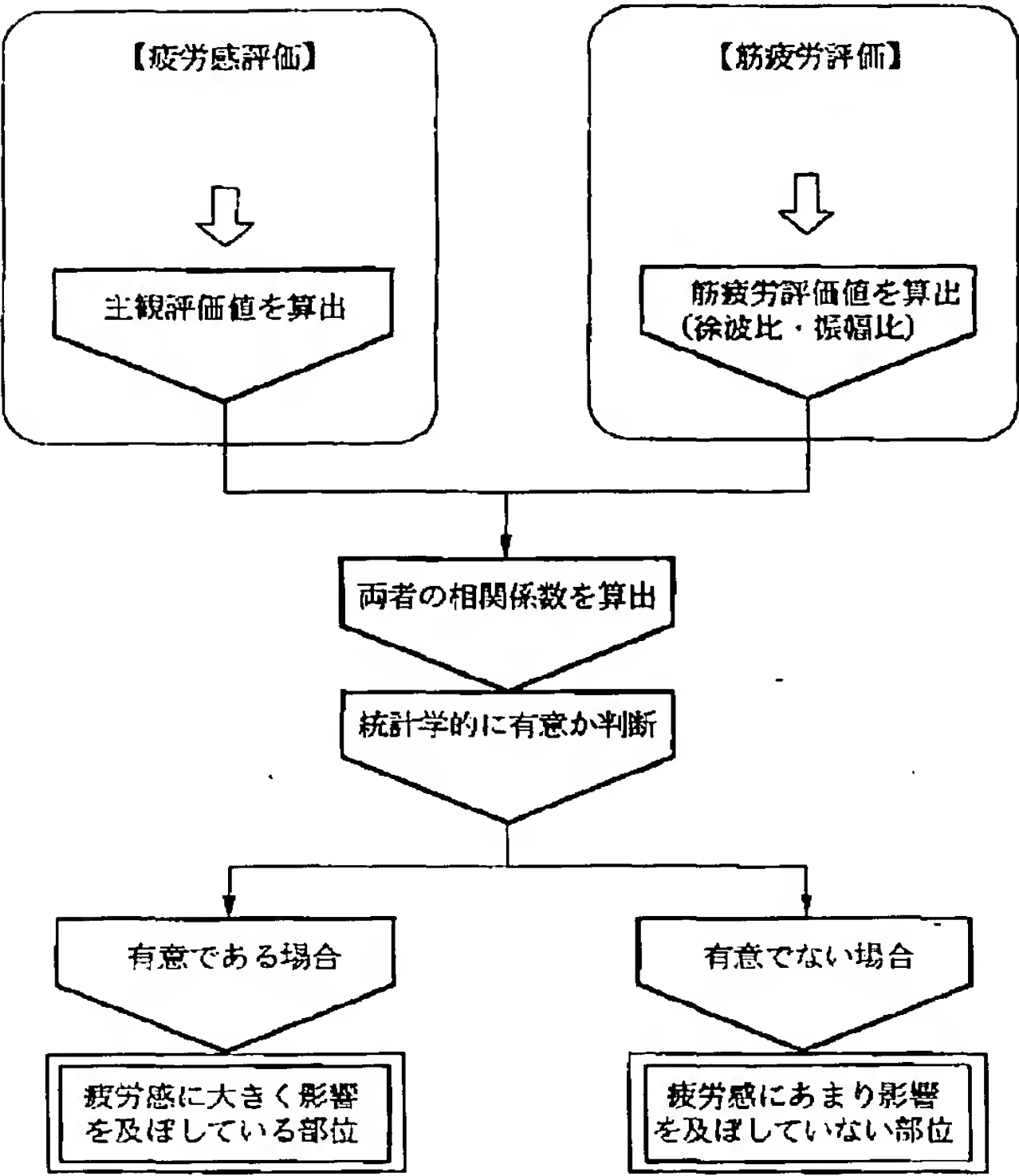
【図10】



【図17】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 稲目 力  
広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ  
株式会社内

(72)発明者 道田 奈々江  
広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ  
株式会社内

F ターム(参考) 4C027 AA04 FF00  
4C038 PP01 VB34 VC20